

Ultraschall-Tauchtankprüfung mit hoher Prüfempfindlichkeit

Dr. (USA) Wolfram A. Karl DEUTSCH, Dipl.-Ing. Michael JOSWIG,
Dipl.-Ing. Rainer KATTWINKEL

KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal, Germany
Tel.: (0202) 7192-0, Fax: (0202) 71 49 32, info@karldeutsch.de, www.karldeutsch.de

Zusammenfassung. Dieser Beitrag stellt drei Tauchtank-Prüfsysteme mit besonders hoher Prüfempfindlichkeit vor.

Im ersten Beispiel werden stranggegossene Aluminium- und Magnesiumbarren mit Hilfe einer doppelt ausgelegten Tauchtank-Anlage geprüft. Die Rundbarrenabschnitte sind bis zu 2 m lang und weisen Durchmesser von 172 mm bis 620 mm auf. Die Prüfempfindlichkeit beträgt 0,8 mm KSR. Zur Rotation um die Längsachse werden die Barren auf von Servomotoren angetriebene Walzen gelegt. Drei baugleiche Prüfkopfsysteme mit je einem Senkrecht- und zwei Winkelprüfköpfen fahren entlang des Barrens und nehmen die Ultraschalldaten auf. Die Bewegung der Prüfköpfe ist über ein Portalsystem realisiert. Zur Zeitersparnis kann während der Prüffahrt in einer zweiten Drehrollenstation ein weiterer Entlade- oder Beladevorgang erfolgen. Die Prüfergebnisse werden unmittelbar nach der Prüfung als C-Bild dargestellt. Die für dieses Projekt neu entwickelte C-Bild-Software bietet viele Möglichkeiten der nachträglichen Bewertung der Ultraschallergebnisse und ist ein wichtiges Werkzeug für den Prüfer. Um auch anspruchsvollste Luftfahrtvorschriften zu erfüllen, werden die 12.000 Liter Wasser im Tauchtankbecken auf konstanter Temperatur gehalten. Eine vollautomatisierte Kalibrierstation zur Kontrolle der Prüfempfindlichkeit, des Tiefenausgleichs und der Flächenlinearität ist fest im Wasserbecken eingebaut und wird somit ebenfalls temperiert. Alle Ultraschallsensoren können über die Steuerung der Anlage automatisch mit der Kalibrierstation abgeglichen werden. Bei der Konstruktion der Anlage wurde in allen Details auf äußerste Präzision Wert gelegt, ohne die in der Serienproduktion erforderliche Robustheit aus den Augen zu verlieren. Hieraus ergibt sich auch eine andere bemerkenswerte Kennzahl der Anlage: Das Gesamtgewicht inkl. Wasser beträgt 25 Tonnen.

Im zweiten Beispiel wird ein Tauchtank für Kugellagerringe (Durchmesser 200 mm - 500 mm) vorgestellt. Die europäische Norm für Eisenbahnanwendungen sieht für Hochgeschwindigkeitslager eine Prüfempfindlichkeit von 0,5 mm KSR vor. Die verwendete Prüfnorm DIN EN 12080 (Bahnanwendungen – Radsatzlager – Wälzlager, Ausgabe Dezember 2007) erlaubt entweder die direkte Auswertung des Fehlerechos oder die Abschwächung des Rückwandechos im Bereich einer Fehlstelle. Höchste Anforderungen an die mechanische Präzision, die Prüfempfindlichkeit und die Schussdichte sind die Folge. Zudem wurden speziell fokussierte Prüfköpfe entwickelt, um die geforderte Prüfempfindlichkeit zu erreichen. Um den Durchsatz zu erhöhen, sind bis zu vier baugleiche Prüfköpfe im Einsatz.

Im dritten Beispiel wird ein Tauchtank für extrudierte Aluminiumprofile präsentiert. Sowohl runde als auch eckige Profile mit einer Länge von bis zu 7 m sollten im gleichen Tank prüfbar sein. Bis zu 16 Prüfkanäle bzw. Prüfköpfe und eine Vielzahl von angepassten Prüfkopfhältern können für die unterschiedlichen Prüfaufgaben verwendet werden. Um die Taktzeit für runde Profile (Stangen und Rohre) zu verkürzen, können je nach Durchmesser bis zu sechs Profile gleichzeitig geprüft werden. Schraubenförmige Prüfspuren werden hierbei benutzt. Bei rechteckigen Profilen (vierkantig, rechteckig, flach) fährt ein spezieller

Prüfkopfhalter linear am Profil entlang. Durch die überlappende Anordnung gleichartiger Prüfköpfe im gleichen Halter wird eine höchstmögliche Überdeckung für die jeweilige Geometrie realisiert.

Die Prüfanlagen werden in der werkseigenen Halle des Sondermaschinenbaus in Wuppertal endmontiert. Die imposanten Abmessungen und Gewichte der Prüfanlagen stellen hohe Anforderungen an die Logistik. Zudem wird versucht, die Anlagen in einem Stück per LKW zu transportieren, um deren Inbetriebnahme beim Betreiber so kurz wie möglich zu gestalten.

Tauchtankprüfung von Aluminium-Rundbarren auf 0,8 mm KSR

Schmieden und Strangpressen auf höchstem Niveau ist das Leitmotiv der Otto Fuchs KG in Meinerzhagen. Dort werden Qualitätsprodukte für die Luft- und Raumfahrt, die Automobilindustrie, die Bauindustrie und den Maschinen- und Anlagenbau gefertigt. Die Herstellung beginnt in der eigenen Stranggießerei, in der Aluminium- und Magnesiumlegierungen entsprechend den weltweit gültigen Spezifikationen erschmolzen und zu Rundbarren verarbeitet werden. Vor einer weiteren Verwendung des Materials erfolgt eine genaue Prüfung auf Fehlstellen. Zu diesem Zweck hat KARL DEUTSCH kürzlich eine doppelt ausgelegte Ultraschall-Tauchtechnik-Prüfanlage geliefert. Die zu prüfenden Rundbarrenabschnitte sind bis zu 2 m lang und weisen Durchmesser von 172 mm bis 620 mm auf. Die Barren werden auf Walzen abgelegt, die von Servomotoren angetrieben werden, um den Barren rotieren zu lassen. Drei Prüfkopfsysteme mit je einem Senkrecht- und zwei Winkelprüfköpfen fahren entlang des Barrens und nehmen die Ultraschalldaten auf. Die Bewegung der Prüfköpfe ist über ein Portalsystem realisiert. Zur Zeitersparnis kann während der Prüffahrt in einer zweiten Drehrollenstation ein weiterer Entlade- und Beladevorgang erfolgen. Nach der Prüffahrt fährt das Prüfsystem zurück und beginnt dort, den neu eingelegten Barren zu prüfen. Die Prüfergebnisse werden unmittelbar nach der Prüfung als C-Bild dargestellt. Die für dieses Projekt neu entwickelte C-Bild-Software bietet viele Möglichkeiten der nachträglichen Bewertung der Ultraschallergebnisse und ist ein wichtiges Werkzeug für den Prüfer.

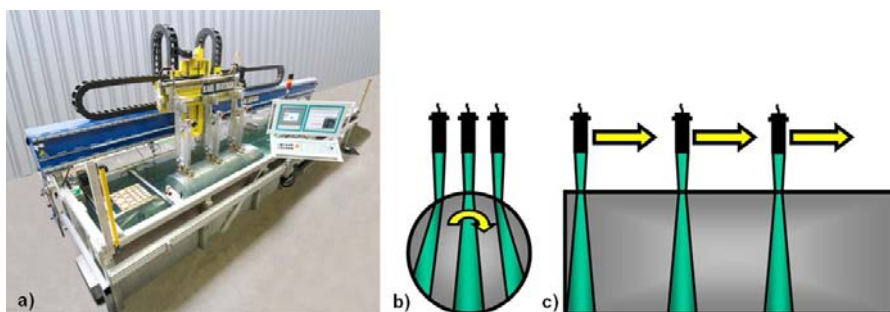


Bild Prüfung von Aluminium-Rundbarren a) Gesamtansicht der Prüfanlage mit insgesamt neun Prüfköpfen, b) Barrenquerschnitt mit Senkrecht- und Winkeleinschallung, c) jeder der drei baugleichen Prüfkopfhalter prüft jeweils ein Drittel des Barrens.

Um auch anspruchsvollste Luftfahrtvorschriften zu erfüllen, werden die 12.000 Liter Wasser im Tauchtechnikbecken auf konstanter Temperatur gehalten. Eine vollautomatisierte Kalibrierstation zur Überprüfung der Prüfempfindlichkeit, des Tiefenausgleichs und der Flächenlinearität ist fest im Wasserbecken eingebaut und wird somit ebenfalls temperiert. Alle Ultraschallsensoren können über die Steuerung der Anlage automatisch mit der Kalibrierstation abgeglichen werden. Bei der Konstruktion der Anlage wurde in allen Details auf äußerste Präzision Wert gelegt, ohne die in der Serienproduktion erforderliche Robustheit aus den Augen zu verlieren. Hieraus ergibt sich auch eine andere

bemerkenswerte Kennzahl der Anlage: Das Gesamtgewicht inkl. Wasser beträgt 25 Tonnen.

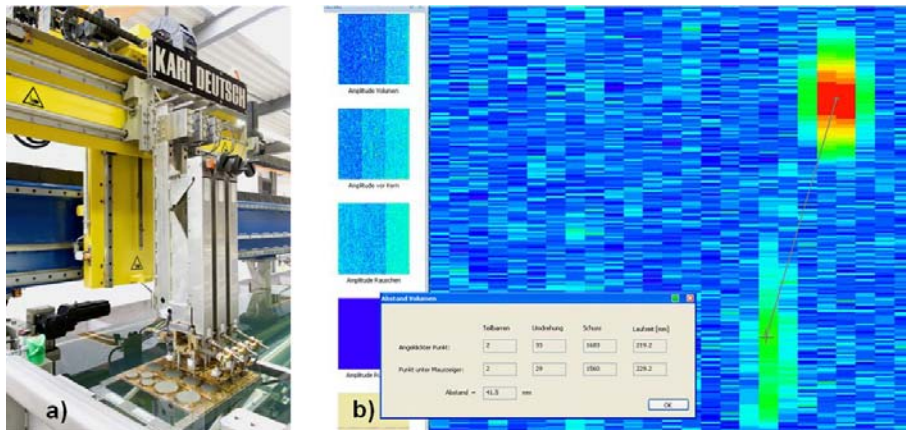


Bild Justierung und Prüfergebnis a) eine Kalibrierstation mit 32 zertifizierten Testkörpern erlaubt eine vollautomatische Aufnahme der DAC-Kurve, b) C-Bild-Darstellung mit zwei Anzeigen und der Möglichkeit zur Definition von Nachbarschaftskriterien (getrennte oder gemeinsame Bewertung von Anzeigen).

Tauchtankprüfung von Bahnlagern auf 0,5 mm KSR

Für unseren Kunden Rulmenti in Rumänien wurde eine Prüfanlage mit besonders hoher Prüfempfindlichkeit realisiert. Gegründet im Jahr 1953, produziert die Firma Rulmenti mit ihren derzeit 3100 Mitarbeitern über 30 Millionen Lager (Kugel-, Nadel-, Wälz- und Rollenlager) pro Jahr. Hochbeanspruchte Ringe werden z.B. nach DIN EN 12080 (Radsatz- und Wälzlager für Bahnanwendungen) geprüft. Die Norm spezifiziert für die Prüfklasse 1 eine Fehlergröße von 0,5 mm Kreisscheibe (eine Flachbodenbohrung dient als Reflektor für den Ultraschall). Für Hochgeschwindigkeitszüge müssen die Ringe zu 100% geprüft werden und die Prüfklasse 1 ist zwingend anzuwenden. Die Prüfung auf solch kleine Reflektoren erfolgt in Senkrechteinschallung und stellt hohe Anforderungen an die Prüfempfindlichkeit, die Schussdichte und die mechanische Präzision der Anlage. Zudem ist der Reflektor nur 0,5 mm von der Rückwand entfernt und erfordert eine hochpräzise Blendensetzung. Der Fehlernachweis erfolgt entweder über die direkte Auswertung des Fehlerechos oder indirekt über die Überwachung des Rückwandechos. Bei der indirekten Messung beträgt der Messeffekt nur wenige dB (typisch 1,5 dB – 3,0 dB bei KSR 0,5) und erfordert daher auch eine präzise Schwellwertsetzung und stabile Echohöhen. Die Anlage kann Ringe mit Außendurchmessern von 100 mm bis 500 mm, Ringhöhen von 80 mm bis 120 mm und Wandstärken von 5 mm bis 25 mm prüfen. Bei den Prüfteilen handelt es sich um Innen- und Außenringe mit planparallelen Flächen. Die Ringe werden unter Rotation geprüft.

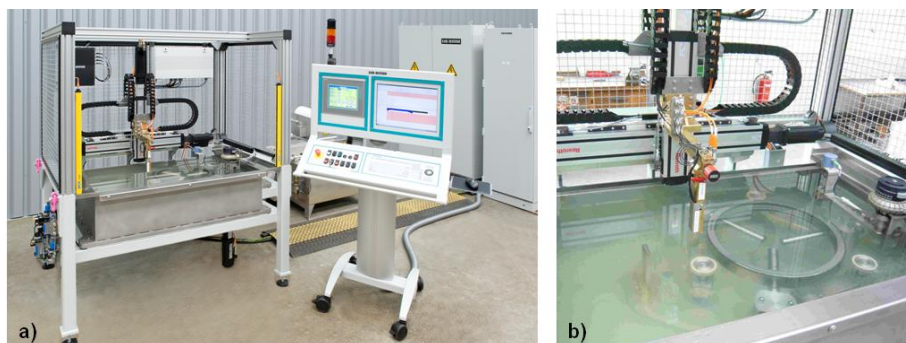


Bild Prüfung von Lagerringen a) Gesamtansicht der Prüfanlage, b) Prüfung eines Außenrings unter Rotation.

Die maximale Umfangsgeschwindigkeit beträgt 1000 mm/s, sie wird bei einer Schussdichte von 0,5 mm jedoch auf 860 mm/s limitiert. Die Schussdichte ist über ein Messrad mit der Rotation des Rings synchronisiert und einstellbar zwischen 0,1 mm und 2,5 mm. Die Echodynamik in Abhängigkeit vom Prüfkopf und Reflektor erlaubt eine Schussdichte in Umfangsrichtung von typisch 0,5 mm. Spezielle linienfokussierte Prüfköpfe für Innenringe (Typ STS10 PB6-12 L75) und punktfokussierte Prüfköpfe für Außenringe (Typ STS6 PB4-20 P60) erlauben eine Prüfspurbreite von 0,5 mm und bestimmen damit den Hub der Prüfspirale (bezogen auf die Höhenachse der Anlage). Die Spurbreite (Steigung der Spirale) ist einstellbar zwischen 0,1 mm und 2,5 mm. Die Echodynamik in axialer Richtung erlaubt eine Spurbreite von typisch 0,5 mm. Um den Durchsatz weiter zu steigern, wurden je vier baugleiche Prüfköpfe in zwei verschiedenen Prüfkopfhaltern mit unterschiedlichem Prüfkopfabstand verwendet. Damit ergibt sich eine Netto-Prüfzeit zwischen 15 und 75 Sekunden (bezogen auf kleinsten und größten Ring plus Nebenzeiten für Beladen, Entladen und Positionieren). Besonderes Augenmerk wurde auf eine komfortable Ausrichtung der Prüfköpfe gelegt, um den senkrechten Schalleintritt in das Ringmaterial zu gewährleisten. Sowohl die Mechanik des Prüfkopfhalters als auch die Gehäusebauform des Prüfkopfes waren dabei wichtige Parameter.

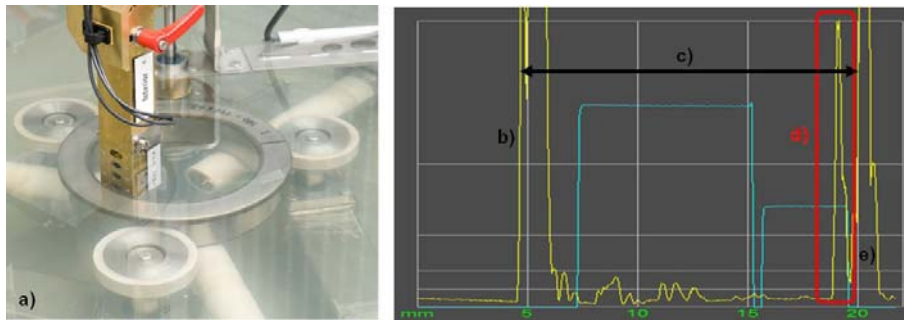


Bild Prüfkopfhalter und Prüfergebnis a) Prüfung eines Innenrings mit bis zu vier baugleichen Prüfköpfen, **b)** Anzeige einer 1-mm-Flachbodenbohrung mit einer Tiefe von 1 mm vor der Rückwand.

Tauchtankprüfung von extrudierten Aluminium-Profilen

Die Sparte für extrudierte Aluminiumhalbzeuge der polnischen KETY-Gruppe ist der größte polnische Anbieter für extrudierte Rohre, Stangen und Draht und weist einen Marktanteil von über 30% auf. Mehr als 10.000 verschiedene Profiltypen werden kundenspezifisch gefertigt. Der Exportanteil beträgt aktuell 28%. Die Firma ist nach ISO/TS 16949 zertifiziert, um den strengen Richtlinien des Automobilmarktes zu entsprechen. Die aktuell beschriebene Prüfanlage wird durch den Europäischen Regionalen Entwicklungsfond im Rahmen des Programms „Operative Innovative Wirtschaft 2007-2013“ gefördert. Die Ultraschallprüfung von Rund- und Vierkantprofilen aus harten Aluminium-Legierungen ist Teil eines neuen Forschungs- und Entwicklungszentrums. Das Zentrum wird hochwertige Produkte für den anspruchsvollen Automobilmarkt einer vielfachen Prüfung unterziehen und helfen, die Produktionsprozesse ständig zu überwachen.

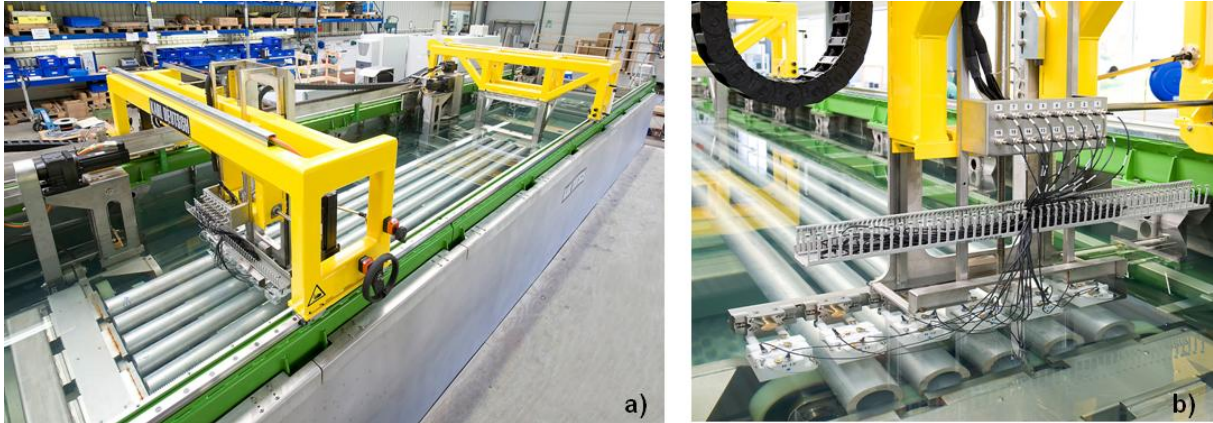


Bild Prüfung von extrudierten Aluminium-Profilen a) Gesamtansicht der Prüfanlage, **b)** Simultane Prüfung von bis zu sechs Rohren mit schraubenförmigen Prüfspuren.

Das Pflichtenheft war eine Herausforderung für KARL DEUTSCH. Runde, viereckige und sechseckige Profile unterschiedlicher Durchmesser und Längen sollten mit der gleichen Anlage geprüft werden. Um den Durchsatz zu steigern, wurde eine parallele Prüfung von bis zu sechs runden Bauteilen spezifiziert. Als einziges derart flexibles Prüfkonzept kam nur ein Tauchtank mit imposanten Kenndaten in Frage. Runde Bauteile (Stangen und Rohre) werden durch eine Mehrfach-Rollenführung in Rotation versetzt. Eine Brücke mit den Prüfkopfhaltern fährt entlang des Tanks. Pro parallel zu prüfendem Bauteil ist ein Prüfkopfhalter vorgesehen. Eine Vielzahl von schnell wechselbaren Prüfkopfhaltern erlaubt sowohl die Anpassung an verschiedene Durchmesser (Einschallwinkel), als auch die Auswahl verschiedener Prüfaufgaben (Senkrecht- bzw. Winkeleinschallung). Die Beladung der Prüfanlage erfolgt per Kran und mit Hilfe spezieller Werkzeuge. Die Prüfanlage ist 9,2 m lang und inklusive der Wasseraufbereitung 3,5 m breit. Das Leergewicht beträgt 12 Tonnen. Bis zu 30 Tonnen Wasser fasst das äußerst massiv ausgelegte Prüfbecken.



Bild Endmontage einer Tauchtankanlage a) Blick in die Halle des Sondermaschinenbaus in Wuppertal, **b)** Einsetzen der Drehrollenstation in den Edelstahltank unter Verwendung eines Schwerlast-Kranwagens.

Literatur

- [1] V. Deutsch, M. Platte, M. Vogt: Ultraschallprüfung – Grundlagen und industrielle Anwendungen, Springer-Verlag, 1997.
- [2] V. Deutsch, M. Platte, M. Vogt, W.A.K. Deutsch, V. Schuster: Die Ultraschallprüfung, Band 1 aus der Reihe *ZfP kompakt und verständlich*, Castell-Verlag Wuppertal, 77 Seiten, 2002.
- [3] M. Razeng, K. Maxam, W. Deutsch: Reinheitsgradprüfung gemäß SEP 1927 auf Grundlage des ECHOGRAPH 1093, DGZfP-Jahrestagung Münster, 2009.